

PAT-NO: JP357200672A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 57200672 A  
TITLE: LASER IGNITING APPARATUS FOR INTERNAL-  
COMBUSTION ENGINE  
PUBN-DATE: December 8, 1982

INVENTOR- INFORMATION:

NAME  
NISHIDA, MINORU  
HATTORI, TADASHI  
KONAKANO, SHINICHI  
MIZUNO, TORU  
GOTO, TSUKASA



ASSIGNEE- INFORMATION:

NAME	COUNTRY
NIPPON SOKEN INC	N/A
NIPPON DENSO CO LTD	N/A

APPL-NO: JP56085308

APPL-DATE: June 2, 1981

INT-CL (IPC): F02P023/04

US-CL-CURRENT: 123/626

ABSTRACT:

PURPOSE: To ignite air-fuel mixture in a reliable manner with a low energy, by causing dielectric breakdown of mixture by a first pulse laser, and emitting at least one pulse laser subsequently.

CONSTITUTION: A laser oscillator 3 produces laser oscillation in response to an output signal of an ignition controlling circuit 2 which consists of an ignition timing calculating circuit 21 for calculating the ignition timing

through detection of conditions of engine operation and a laser controlling circuit 22 for controlling the laser oscillation synchronously with the ignition timing. Laser beams 6a controlled into parallel beams by a beam expander 4 form a focus F in a combustion chamber by means of a condensing lens 51. Here, laser beams are emitted at least twice. That is, dielectric breakdown of mixture is caused by a first shot of laser beams having a high energy density, thus producing a high-temperature and high-density plasma serving as pilot fire for igniting ambient mixture. Then, a second shot of laser beams having a low energy density is given and its energy is absorbed by the previously produced plasma, so that mixture can be ignited in a reliable manner.

COPYRIGHT: (C)1982, JPO&Japio

## ⑯ 公開特許公報 (A)

昭57-200672

⑯ Int. Cl.<sup>3</sup>  
F 02 P 23/04

識別記号

庁内整理番号  
8011-3G⑯ 公開 昭和57年(1982)12月8日  
発明の数 1  
審査請求 未請求

(全 7 頁)

## ⑯ 内燃機関用レーザ点火装置

⑯ 特願 昭56-85308

会社日本自動車部品総合研究所  
内

⑯ 出願 昭56(1981)6月2日

⑯ 発明者 水野透  
刈谷市昭和町1丁目1番地日本  
電装株式会社内

⑯ 発明者 西田実

⑯ 発明者 後藤司  
刈谷市昭和町1丁目1番地日本  
電装株式会社内

⑯ 発明者 服部正

⑯ 出願人 株式会社日本自動車部品総合研  
究所西尾市下羽角町岩谷14番地株式  
会社日本自動車部品総合研究所  
内

西尾市下羽角町岩谷14番地

⑯ 発明者 向中野信一

日本電装株式会社

西尾市下羽角町岩谷14番地株式

刈谷市昭和町1丁目1番地

⑯ 代理人 弁理士 岡部隆

## 明細書

## 1 発明の名称

内燃機関用レーザ点火装置

## 2 特許請求の範囲

(1) 高エネルギー密度のレーザ光を燃焼室に導き前記燃焼室に供給された燃料と空気の混合気に点火する内燃機関用レーザ点火装置において、一度の圧縮行程毎に少なくとも2個以上のバルス状のレーザ光を前記燃焼室の同じ位置に照射し前記混合気に点火するようにしたことを特徴とする内燃機関用レーザ点火装置。

(2) 前記レーザ光のうち最初のレーザ光は圧縮行程において気体の絶縁破壊が十分に行なえるエネルギー密度とし、2回目以降のレーザ光は最初のレーザ光よりエネルギー密度は低く照射時間を長くしたことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の内燃機関用レーザ点火装置。

(3) 前記レーザ光は同一のレーザ発振器から出力し、最初のレーザ光はQスイッチにより発振させ、2個目以降のレーザ光はQスイッチを使用しない

で発振させることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の内燃機関用レーザ点火装置。

## 3 発明の詳細な説明

本発明は高エネルギー密度のレーザ光により点火させる内燃機関用レーザ点火装置において、バルス状のレーザ光を少なくとも2個以上照射し、確実に点火を行なうことができるレーザ点火装置に関するものである。

一般に内燃機関の点火装置は機関の燃焼室壁面に取り付けられた点火栓に高電圧を印加し火花放電により混合気に点火させるようになつてゐる。この種の点火装置は点火栓が直接燃焼室にさらされるため発生するカーボンが点火栓の絶縁体に付着して放電を困難にさせたり、点火栓の電極による熱損失のため放電により生じた火炎核が冷却され火炎に到らず消滅したりした。また燃焼室壁面で点火するので混合気の状態が燃焼室の中心部に比べて悪く着火しにくく、また着火しても燃焼室全体に火炎が拡がるのに時間がかかつたりした。前記の欠点を解消するために、燃焼室中央部へ電

極を突き出した点火栓も考案されているが、電極の耐久性、点火時期以前に燃焼が開始されるブレイクニッショング等の問題点があつた。

このような問題点に対処するため、レーザ光等の高エネルギー密度の光を用い、燃焼室内の任意の位置に焦点を結ばせ点火させるレーザ点火装置が考案されている。この方法においては混合気に対して直接レーザ光を照射して、気体分子の温度上昇を計り、点火させることが考えられるが、混合気の光の吸収率は小さく実際上点火は困難である。そこでレーザ光により気体の絶縁破壊を起し、生じたプラズマにより周囲の混合気に点火する方法が考えられる。レーザ光により絶縁破壊させるには通常点火が行なわれる圧力においては  $10^9$  ~  $10^{10}$  W/cm<sup>2</sup> 以上のエネルギー密度が必要である。レーザ光の焦点と小さく放つてやればエネルギー密度は高くなるが性能的に限界があり、例えば焦点径 50 μm では大気圧から 10 気圧程度において  $8 \times 10^4$  ~  $8 \times 10^5$  W の出力が必要であり、このような大きな出力は通常発振レーザでは得られない。

(3)

エネルギーを吸収させ、確実に点火を行なわせることを目的とするものである。この場合、第1のパルスレーザのみで点火させる場合に比べて、火炎核が生成する長い時間エネルギーが注入され続けるので効率が良くなるという利点がある。

以下本発明を図に示す実施例により説明する。第1図は本発明の一実施例を示すものであり多気筒内燃機関の1つの気筒示す断面図である。1は内燃機関、11はシリンダ、12はピストン、13は燃焼室、14は吸気ポート、15は吸気バルブである。2は機関の状態を検知して点火時期を演算する点火時期演算回路21、点火時期に同期してレーザ発振を制御するレーザ制御回路22から成る点火制御回路である。3は点火制御回路からの信号でレーザ発振するレーザ発振器、4は前記レーザ発振器3の出力のビーム径を大きくし平行光線とするビームエキスパンダであり、凹レンズ41、凸レンズ42、ホルダ43とから構成される。5は前記ビームエキスパンダで拡大されたレーザ光6を燃焼室内に導き焦点を結ばせる光導

(5)

ないので通常はパルスレーザでしかも Qスイッチにより出力を高める方法がとられる。この場合、パルスレーザのパルスの幅は通常  $10^{-7}$  秒 ( $100 \mu\text{sec}$ ) 以下となり非常に短くなる。そして Qスイッチパルスレーザにより生じた高温プラズマは時間とともに拡散してしまう。一方点火現象の面からみると、火炎核が形成され火炎に致るまでは通常  $10^{-4}$  ~  $10^{-3}$  秒 ( $100 \mu\text{sec}$  ~  $1 \text{msec}$ ) の時間が必要であり、その間断続的もしくは連続的に火炎核にエネルギーが供給される必要がある。一発の短かいパルスレーザで点火させるには、絶縁破壊させる以上の大きなエネルギーが必要となり、エネルギーの効率の点から好ましくない。

そこで本発明は絶縁破壊を起させるのに必要なエネルギー密度の第1のパルスレーザを燃焼室内で焦点を結ばせて絶縁破壊を起させ、次にこの絶縁破壊により生じたプラズマに第2、第3…のパルスレーザを少なくとも1発以上照射し、最初に生じたプラズマに第2、第3…のパルスレーザの

(4)

管であり、集光レンズ51、レンズを固定し、燃焼室と外部とを遮断するバッキン52、ホルダ53とから構成される。

また本実施例の主要部分であるレーザ発振器3とレーザ制御回路22の詳細については第2図に示す。第2図のレーザ制御回路22において、221は点火時期制御回路21よりの信号を入力として入力信号の立ち上りで立ち上り、一定幅のパルスをつくる単安定回路、222は単安定回路221の信号を入力として入力信号の立ち下がりより一定時間遅延した時点で立ち上がるパルスを出力する遅延回路、223は前記遅延回路222の信号を入力として入力信号の立ち上がりで立ち上がり、一定時間幅のパルスをつくる単安定回路、224は前記単安定回路221, 223よりの信号を入力とするOR回路、225はOR回路224の出力信号を入力として入力信号が“1”レベルの時高電圧を発生させ、レーザ発振器の励起ランプを駆動させる励起ランプ駆動回路である。226は前記単安定回路221よりの信号を入力として入力

(6)

信号の立ち上がりより一定時間遅延した時点で立ち上がる遅延回路、227は前記単安定回路226の信号を入力として入力信号の立ち上がりで立ち上がり、一定時間幅のパルスをつくる公知の単安定回路、228は前記単安定回路227の信号を入力として入力信号が“0”レベルの時に高電圧を発生させ“1”レベルの時に高電圧を遮断してレーザ発振器のQスイッチを制御するQスイッチ制御回路である。また第2図のレーザ発振器3において、31,32は反射鏡33はレーザ発振の媒材となる固体の結晶、34は励起用ランプ、35は偏光板、36はポツケルスセルである。偏光板35とポツケルスセル36によりQスイッチを構成しており、Qスイッチ制御回路228から高電圧がポツケルスセルに印加されている場合には偏光板35を通過した光は直線偏光となりポツケルスセルを通過する際偏光され反射鏡31で反射された光は再度偏光される。偏光角度を45°とすると再び偏光板35に入る光は先に通過した光よりも90°偏光されており偏光板35で遮断されてし

(7)

す様に点火時期の信号(第3図(b))より2つのパルスが発生する。また遅延回路226、単安定回路227により単安定回路227には第3図(d)に示すように第3図(c)の立ち上がりより時間も遅れた時点より時間幅 $t_1$ のパルスが発生する。第3図(c)の信号は励起ランプ駆動回路225に入力され信号(c)の“1”レベルの時レーザ発振器3の励起ランプ34を点灯させる。一方第3図(d)の信号はQスイッチ制御回路228に入力され信号(d)が“0”レベル時に高電圧を発生し、“1”レベルで遮断する。励起ランプ駆動回路225により第3図(c)に示す“1”レベルの信号が入った時励起ランプが点灯する。点火時期演算回路21の出力信号つまり第3図(d)が立ち上ると同時に励起ランプは点灯されるが、この時Qスイッチ制御回路は高電圧を出力し、ポツケルスセル35に入力され光は偏光板で遮断されるので、レーザ発振器間の反射分布が非常に大きくなる。時間 $t_1$ の後にはQスイッチ制御回路の高電圧は遮断されるので光は偏光板を通過できるようになり、 $t_1$ 時間の間レーザ

(9)

まう。高電圧がポツケルスセル36に印加されない時はポツケルスセルでの偏光は行なわれず、偏光板35を通過した光は反射鏡36にて反射され再び偏光板35を通過るのでレーザ発振が生じるようになつている。

上記構成の本発明点火装置の作動について第3図のタイムチャート、第4図の説明図を用いて説明する。点火時期演算回路21は図示しない回転角度検出器より機関のクランク軸の所定の角度位置信号(第1図の矢印2aで表わす)を受け、また機関の運転状態を表わす信号、例えば機関の回転数、吸気負圧、冷却水温、加減速状態等(第1図の矢印2b, 2c, 2d, 2e-)の信号から最適な点火時期を決定する。第3図において(e)は上死点の信号を示すものであり、(f)は点火時期演算回路21の出力信号である。第3図(f)の信号が第2図の単安定回路221に入力され、時間幅 $t_1$ のパルスを出力し、また遅延回路222により時間 $t_1$ 遅れて単安定回路223は時間幅 $T_2$ のパルスを出力し、OR回路224の出力は第3図(g)に示

(8)

す。発振器内部に蓄積されたエネルギーが一瞬のうちに放出され、エネルギー密度の大きなレーザ光となりレーザ発振器3より機関の燃焼室13に向けて出力される。次に2発目の信号(第3図(h))が励起ランプ制御回路225に入力され再び励起ランプを点灯すると、今度はQスイッチは作動しているので励起ランプの点灯している間第1のレーザ光より低密度のエネルギー密度をもち照射時間も長いレーザ光がレーザ発振器3より出力される。レーザ光の信号をモデル的に第3図(g)に表わしてある。点火時期演算回路21からの信号より時間 $t_1$ 遅れて尖頭出力が大きく時間幅の短かい第1のレーザ光が出力され続いて尖頭出力が小さく時間幅の長い第2のレーザ光が出力される。レーザ発振器3から出力されたレーザ光はビームエキスパンダ4に導かれてビーム径の大きい平行光束となり、光導管5を通り集光レンズ51により機関の燃焼室13の適切な点火位置で焦点を結ぶ、焦点でのビーム径を非常に小さくしてエネルギー密度が高められる。したがつて第1のレーザ光は燃焼

(10)

図13の焦点の位置では非常に高エネルギー密度となり、混合気の絶縁破壊が生じる。そしてこの絶縁破壊により高温・高密度プラズマは周囲の混合気への着火の火種となる。

一方、火炎核が形成されてから火炎に到るまでは通常数百μsec程度の時間を要し、第1のレーザ光で生じたプラズマ(第4図(A)の6dで示す)は非常に速いスピードで周囲に拡散していくので第1のレーザ光だけで確実に着火するのは難かしい。ところが第1のレーザ光が照射されてから短かい時間の後で第2のレーザ光が照射されるので、最初にできたプラズマが完全に拡散する前にこのプラズマにレーザ光が照射され第2のレーザ光のエネルギーが吸収されるのでプラズマのもつエネルギーは大きくなり、またプラズマの生存する時間も長くなるので確実に混合気への点火が行なわれる。第4図(B)は照射されるレーザ光とプラズマに吸収されるレーザ光を表わしたものである。実線で示す6cは照射されたレーザ光、破線で示す6dはプラズマに吸収されるレーザ光を示している

(11)

される。この実施例によれば第1のレーザ光で絶縁破壊が起き生じたプラズマに次々にパルス状のレーザ光が照射し吸収され、より確実に点火が行なわれる。

さらに他の実施例を第7図に示す。この実施例において遅延回路222, 222-1, ..., 222-n, 単安定回路221, 223, 223-1, ..., 223-nは第5図に示す実施例と同等であるが、さらに単安定回路223-1の出力を入力とした遅延回路226-1、前記遅延回路226-1の出力を入力とした単安定回路227-1、同様にして一つとびの単安定回路226-3, ..., 223-(n-1)の出力を入力とした遅延回路226-2, ..., 226- $\frac{n}{2}$ 、単安定回路227-1, ..., 227- $\frac{n}{2}$ および各単安定回路227, 227-1, ..., 227- $\frac{n}{2}$ の出力を入力とするOR回路227-aの出力にはOR回路224の出力の1つおきの出力信号が生じ、レーザ発振器3の出力は点火時期信号(第8図(B))に対して第8図(D)の

(13)

る。

本実施例においては第1の尖頭出力の大きいレーザ光と、第2の尖頭出力は小さいがパルス時間の長いレーザ光の2つのレーザ光を照射したが、もちろん2つ以上のレーザ光を照射しより確実に点火をはかることもできる。第5図、第7図はそうした場合の実施例を示すものである。第5図において本実施例と異なる部分だけ示してある。単安定回路223の出力を入力とした遅延回路222-1、前記遅延回路222-1の信号を入力とした単安定回路223-1、以下遅延回路と単安定回路の組合せがn個あり、最終の組合せは遅延回路222-n、単安定回路223-nでありそれぞれの単安定回路の出力は全てOR回路224に入力されるように構成されている。そこでこのOR回路の出力は第6図(B)の点火時期の信号から(n+2)個のパルスを発生し、したがつてレーザ発振器3の出力は第6図(D)に示すように第1のレーザ光は尖頭値の大きなものとなり、それ以後(n+1)個の尖頭値の小さいレーザ光が続いて出力

(12)

ようすに尖頭値の大きなレーザ光と尖頭値の小さいレーザ光とが交互にくり返えされるようになり、途中でプラズマが消滅しても再度絶縁破壊が生じるので確実に混合気への点火が行なわれる。

第7図に示す実施例では尖頭値の大きいレーザ光と尖頭値の小さいレーザ光を交互に出力したが、2つとび3つとびあるいは不規則に出力することもできる。

また上記実施例においては多気筒内燃機関の一気筒のみについて説明したが、各気筒に同等なレーザ発振器をつけてもよく、あるいはレーザ発振器を一台として機関の回転に同期してレーザ光を分配しオプティカルファイバ等を用いて各気筒に導く方式でも本説明を実現できる。

また上記実施例においてはレーザ発振器として固体レーザを用いたが、Qスイッチによる発振が行なわればどの様な種類のレーザ発振器でもよい。

また上記実施例においてはQスイッチとしてポックセル効果を応用した偏光板とポックセルセルとを用いたが、カーセルあるいはファラデイセル

(14)

を用いてもよく、また回転プリズムや超音波を利用したものを用いてもよい。

以上述べてきただように本發明は次のようなすぐれた効果を有する。

1. 第1のパルスレーザで絶縁破壊を起こさせ、これにより生じたプラズマに第2、第3、…のパルスレーザ光を照射しエネルギーを吸収させて、プラズマが長時間にわたって存在し確実に混合気へ点火できる。

2. また、尖頭値の高いパルスレーザを出力するのは効率的に悪いので、1個のパルスレーザで点火させる場合に比べて本発明のように複数個のパルスレーザ光を照射する場合の方が効率上優れている。

3.1 個のバルスレーザ光で点火する場合に比べて本発明では毎回のエネルギーは小さくて済むので、レーザ発振器の安全面、強度の点で有利であり、コストも低くできる。

#### 4 図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例を示す部分断面を含

( 1 5 )

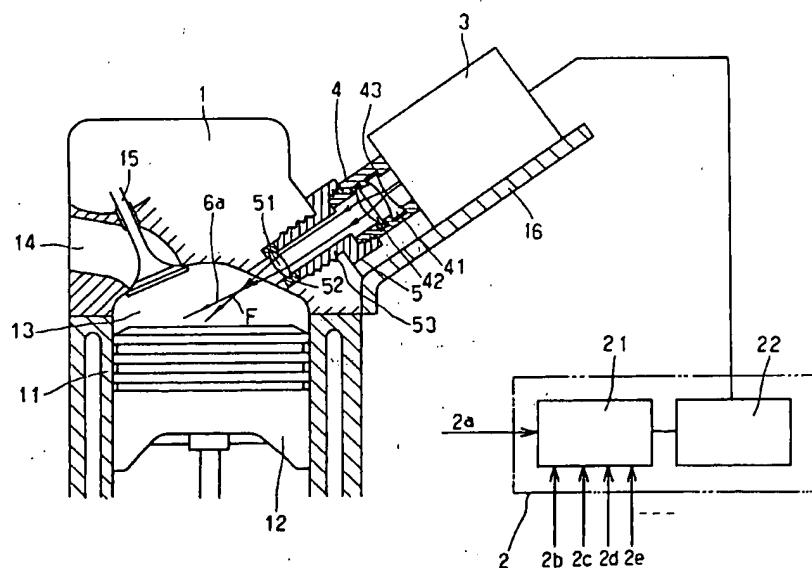
代理人弁理士 閣部 隆

( 1 6 )

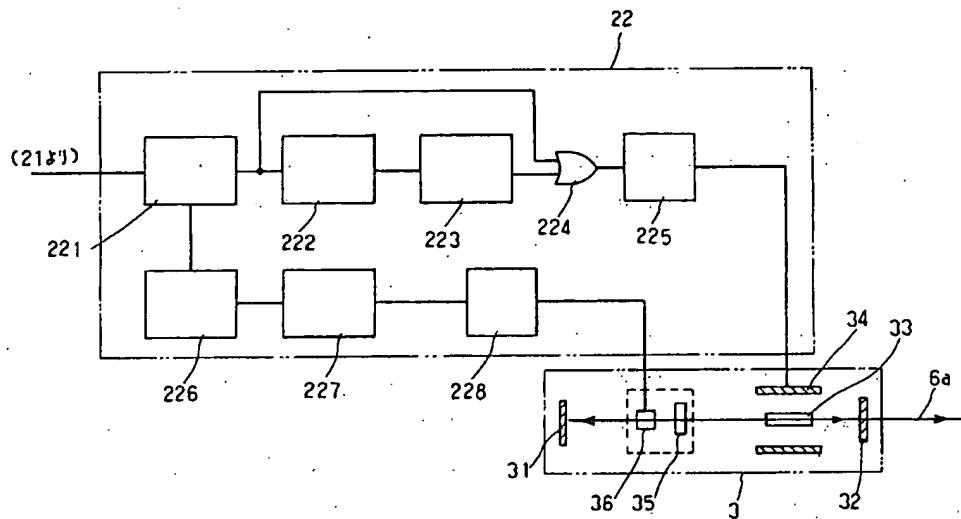
む全体構成図、第2図は第1図中のレーザ制御回路およびレーザ発振器の詳細構成図、第3図は第1図に示す装置の作動説明に供するタイムチャート、第4図は第1図に示す装置の作動説明に供する図、第5図は本発明の他の実施例を示すレーザ制御回路の詳細構成図、第6図は第5図に示す実施例の作動説明に供するタイムチャート、第7図は本発明のさらに他の実施例を示すレーザ制御回路の詳細構成図、第8図は第7図に示す実施例の作動説明に供するタイムチャートである。

1 … 内燃機関, 2 … 点火制御回路, 3 … レーザ発振器, 13 … 燃烧室, 21 … 点火時期演算回路, 22 … レーザ制御回路, 35, 36 … Qスイッチの主要部をなす偏光板, ポッケルスセル, 225 … 励起ランプ駆動回路, 228 … Qスイッチ制御回路。

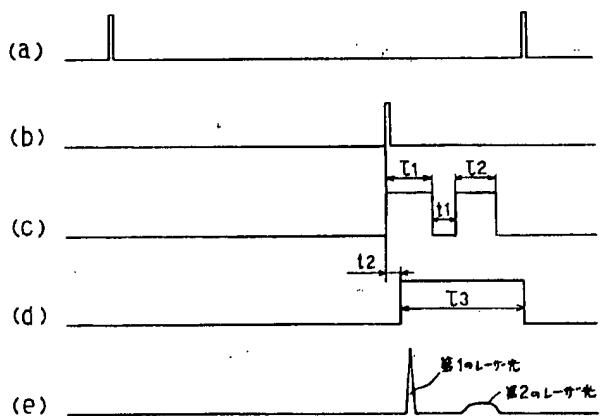
第 1 四



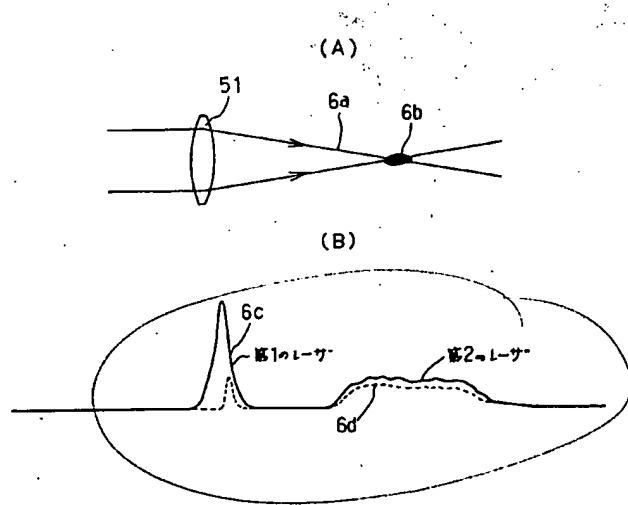
第 2 図



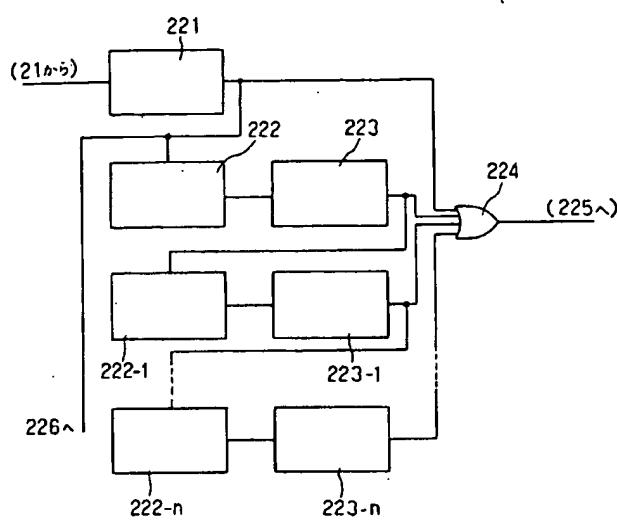
第 3 図



第 4 図



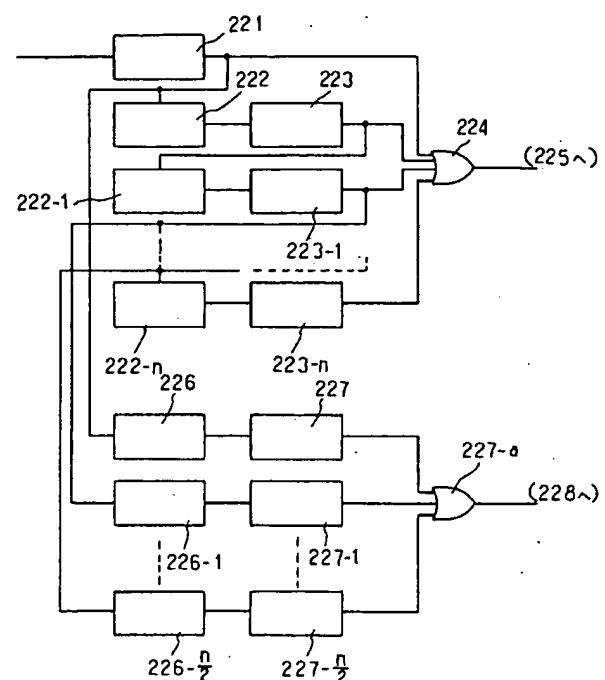
第 5 図



第 6 図



第 7 図



第 8 図

